

Gutachten

Nr. G-70-19-0002

Datum: 24.06.2020

Geschäftszeichen: 5509.010#2019-2/1

über die Einhaltung von Bauwerksanforderungen durch Bauprodukte

Verbund-Sicherheitsglas mit der Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund

Solutia Europe bvba
Ottergemsesteensweg Zuid 707
9000 GENT
BELGIEN

Das Gutachten umfasst zwei Seiten und fünf Anlagen.

1 Anforderungen an bauliche Anlagen

Dieses Gutachten dient zur Beurteilung der Einhaltung der Anforderungen an bauliche Anlagen bezüglich der mechanischen Festigkeit und Standsicherheit gemäß MVV TB, A 1.2.7.1 (Normenreihe DIN 18008¹) bei Verwendung von Verbund-Sicherheitsglas (VSG) mit der Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund.

2 Gegenstand des Gutachtens

Gegenstand des Gutachtens ist ein VSG, das aus mindestens zwei ebenen Glasscheiben und der Verbundfolie SAFLEX DG hergestellt wird.

Der Aufbau und die Herstellung des VSG entspricht **Anlage 1, A.1.1**.

3 Bewertung

Zur Bewertung wurden folgende Nachweise herangezogen:

- Prof. Dr.-Ing. Ö.Bucak: Gutachterliche Stellungnahme zur Beurteilung von Verbund-Sicherheitsglas mit der Zwischenschicht Saflex DG, Nr. 84/13/02 Rev.1 vom 11.03.2014 (einschließlich aller in Abschnitt 2 der Stellungnahme angegebenen Unterlagen)
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jens Schneider: Gutachterliche Stellungnahme zur Verwendung einer Folie der Produktfamilie Saflex DG in Verbund-Sicherheitsglas unter Ansatz einer Schubmodules bei der Glasbemessung, vom 14.04.2016 (einschließlich aller in Abschnitt 2 der Stellungnahme angegebenen Unterlagen)
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jens Schneider: Kurzbericht zur Bewertung der neuen Verbundsicherheitsglaszwischenschicht "Saflex DG41 XC" im Vergleich zu "Saflex DG 41" vom 24.07.2017

Auf Basis der vorgelegten Nachweise werden die Leistungswerte gemäß **Anlage 1, A 1.2** bestätigt.

Das VSG mit der Verbundfolie SAFLEX DG weist eine ausreichende Resttragfähigkeit im Sinne der DIN 18008-12, Abschnitt 9 auf und hat damit seine Eignung für die Verwendung als VSG in Verglasungen, die entsprechend der Normenreihe DIN 18008 geplant, bemessen und ausgeführt werden, nachgewiesen.

Die Leistungen gelten nur, wenn sichergestellt ist, dass die Glas- bzw. Zwischenschichtränder nur in Kontakt mit angrenzenden Stoffen stehen, die dauerhaft mit der Verbundfolie SAFLEX DG verträglich sind.

Die Bewertung gilt solange keine Änderungen des Produkts oder des Produktionsverfahrens vorgenommen werden.

4 Empfehlungen und Hinweise

Der Hersteller weist die Leistungsbeständigkeit gemäß den Maßnahmen nach **Anlage 2** nach.

Es wird empfohlen, das Gutachten nach 5 Jahren auf seine Aktualität hin überprüfen zu lassen.

BD Dipl.-Ing. Andreas Kummerow
Abteilungsleiter

Beglaubigt
Zillmann

¹ DIN 18008

Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln

² DIN 18008-1:2010-12

Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen

A1.1 Aufbau und Herstellung des VSG mit Schubansatz

- Die Glasscheiben bestehen aus den folgenden Glaserzeugnissen:
 - Floatglas (Kalk-Natronsilicatglas) nach DIN EN 572-2¹,
 - ESG nach DIN EN 12150-1² mit einem Bruchbild gemäß A1.3,
 - Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas nach DIN EN 14179-1³ mit einem Bruchbild gemäß A1.3,
 - TVG nach DIN EN 1863-1⁴ mit einem Bruchbild gemäß A1.3,
 - beschichtetes Glas nach DIN EN 1096-1⁵.
 - Ornamentglas nach DIN EN 572-5⁶.
- Die Glasscheiben haben maximale Abmessungen von 3,3 m x 12,0 m.
- Die Mindestdicke der Verbundfolie SAFLEX DG beträgt 0,76 mm, die maximale Dicke 2,28 mm. Die Zusammensetzung ist beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt.
- Die Verbundfolie SAFLEX DG hat folgende nach DIN EN ISO 527-3⁷ (Prüfgeschwindigkeit: 50 mm/min, Prüftemperatur: 23 °C) ermittelten Eigenschaften:
 - Reißfestigkeit: $\geq 33 \text{ N/mm}^2$
 - Bruchdehnung: $\geq 196 \%$
- Folienfeuchte im Laminat: Grenzwert $\leq 0,6\%$, geprüft nach **Anlage 4**
- Bei Herstellung des VSG aus beschichteten Glaserzeugnissen (außer emaillierte Glaserzeugnisse) erfolgt die Laminierung der Glasscheiben mit der Verbundfolie SAFLEX DG nur auf der unbeschichteten Glasoberfläche. Es dürfen nur solche Beschichtungen verwendet werden, die sich hinsichtlich Absorption und daraus resultierender Zwischenschichttemperatur nicht ungünstiger verhalten als Glas mit schwarzer Emaillierung.
- Die Herstellung des VSG erfolgt im Verbundverfahren unter Berücksichtigung der beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Bestimmungen.

A1.2 Leistungswerte

- Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test) geprüft nach **Anlage 3**: Pummel Standard ≥ 3
- Mindestwert der Haftzugfestigkeit (Pull-Test): $\sigma \geq 13 \text{ N/mm}^2$, geprüft nach **Anlage 5**

A1.3 Bruchbild

Glasprodukte nach EN 12150-1² und EN 14179-1³ müssen das in DIN EN 12150-1² für Testscheiben definierte Bruchbild für jede hergestellte Bauteilgröße aufweisen.

Glasprodukte nach EN 1863-1⁴ müssen ein Bruchbild für jede hergestellte Bauteilgröße aufweisen, bei dem der Flächenanteil an Bruchstücken kritischer Größe kleiner als ein Fünftel der Gesamtfläche ist. Die Prüfung des Bruchbilds ist in Anlehnung an DIN EN 1863-1⁴, Abschnitt 8 durchzuführen. Als Bruchstücke unkritischer Größe dürfen alle Bruchstücke betrachtet werden, denen ein Kreis von 120 mm Durchmesser einbeschrieben werden kann.

1	DIN EN 572-2:2012-11	Glas im Bauwesen - Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas - Teil 2: Floatglas
2	DIN EN 12150-1: 2012-02	Glas im Bauwesen - Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas - Teil 1: Definition und Beschreibung
3	DIN EN 14179-1: 2016-12	Glas im Bauwesen - Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas - Teil 1: Definition und Beschreibung
4	DIN EN 1863-1: 2012-02	Glas im Bauwesen - Teilvorgespanntes Kalknatronglas - Teil 1: Definition und Beschreibung DIN EN 1096-1: 2012-04 Glas im Bauwesen - Beschichtetes Glas – Teil 1: Definitionen und Klasseneinteilung
5	DIN EN 1096-1:2012-04	Glas im Bauwesen - Beschichtetes Glas - Teil 1: Definitionen und Klasseneinteilung
6	DIN EN 572-5:2012-11	Glas im Bauwesen - Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas - Teil 5: Ornamentglas
7	DIN EN ISO 527-3:2019-02	Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften - Teil 3: Prüfbedingungen für Folien und Tafeln

Verbund-Sicherheitsglas mit Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund
Anwendungsbereich, Glasscheiben und Leistungswerte

Anlage 1

Elektronische Kopie des Gutachtens des DIBt: G-70-19-0002

Prüfanleitung Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test)

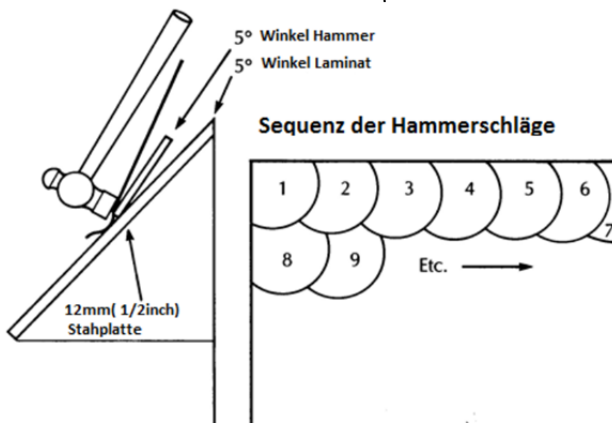
A 1 Allgemeines

1. Die Probekörper werden unter Beachtung der Laminationsrichtlinien der Fa. Eastmann hergestellt.
2. Es sind mindestens fünf Probekörper 200 mm x 100 mm aus unbeschichtetem Floatglas herzustellen Die Pummeltests sind an mindestens drei dieser Probekörper durchzuführen.
3. Sollten mehrere Produktionschargen am Tag hergestellt werden, sind für jede Produktionscharge Pummeltests durchzuführen
4. Als Mindestwert ist "Pummel Standard 3" zu erreichen.
5. Für die Herstellung von VSG aus emaillierten Verglasungen, bei denen die Emaillierung zur zwischenschichtzugewandten Seite erfolgt, gelten die o.g. Bestimmungen analog. In diesem Fall ist der Pummeltest an Probekörpern aus vorgespannten Glasprodukten mit dem jeweils zur Anwendung kommenden Emailletyp durchzuführen.

A 2 Prüfdurchführung

1. Vor der Prüfdurchführung wird der Probekörper auf -18°C gekühlt (mindestens 2 Stunden).
2. Nach dem Kühlen, min. 7 Minuten vor Test bei Raumtemperatur lagern.
3. Probekörper werden in einem Winkel von ca. 5 - 10 Grad zur Ebene der Pummelplatte gehalten, damit nur die Kante des unzerbrochenen Glases Berührung mit der Platte hat. (Bild 1).
4. Der Probekörper wird mit einem Hammer (Kugelhammer) wiederholt in einem überlappenden Muster mit gleichmäßigen Schlägen geschlagen "Pummeln", in Abständen von ca. 12 mm (1/2Inch) entlang der untersten Fläche. Wenn die untere Fläche fertiggepummelt ist, wird der Vorgang in gleicher Weise wiederholt bis das gesamte Glas, bis auf die letzten 7 - 10 cm (3-4 Zoll), gepummelt ist. Dabei muss sichergestellt werden, dass das gesamte glatte Glas pulverisiert wird.
5. Danach wird das Laminat umgedreht (kurzes Ende über kurzes Ende) und der Vorgang wiederholt. Beide Enden (die Innenseite des einen Endes und die Außenseite des anderen Endes) werden geschlagen und gelesen. Nach der Fertigstellung sollte der mittlere Abschnitt, in dem sich die Proben-ID befindet, das einzige Glas sein, das nicht zerkleinert wurde.

Bild 1 – Pummel Box und Pummel Sequenz



6. Bei der Verwendung einer halbautomatischen Pummel-Ausrüstung wird das Laminat nach der ersten Pummelreihe auf der Vorderseite gedreht, und dann die Rückseite in derselben Reihe gepummelt.

Verbund-Sicherheitsglas mit der Verbundfolie Saflex DG

Prüfanleitung Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test)

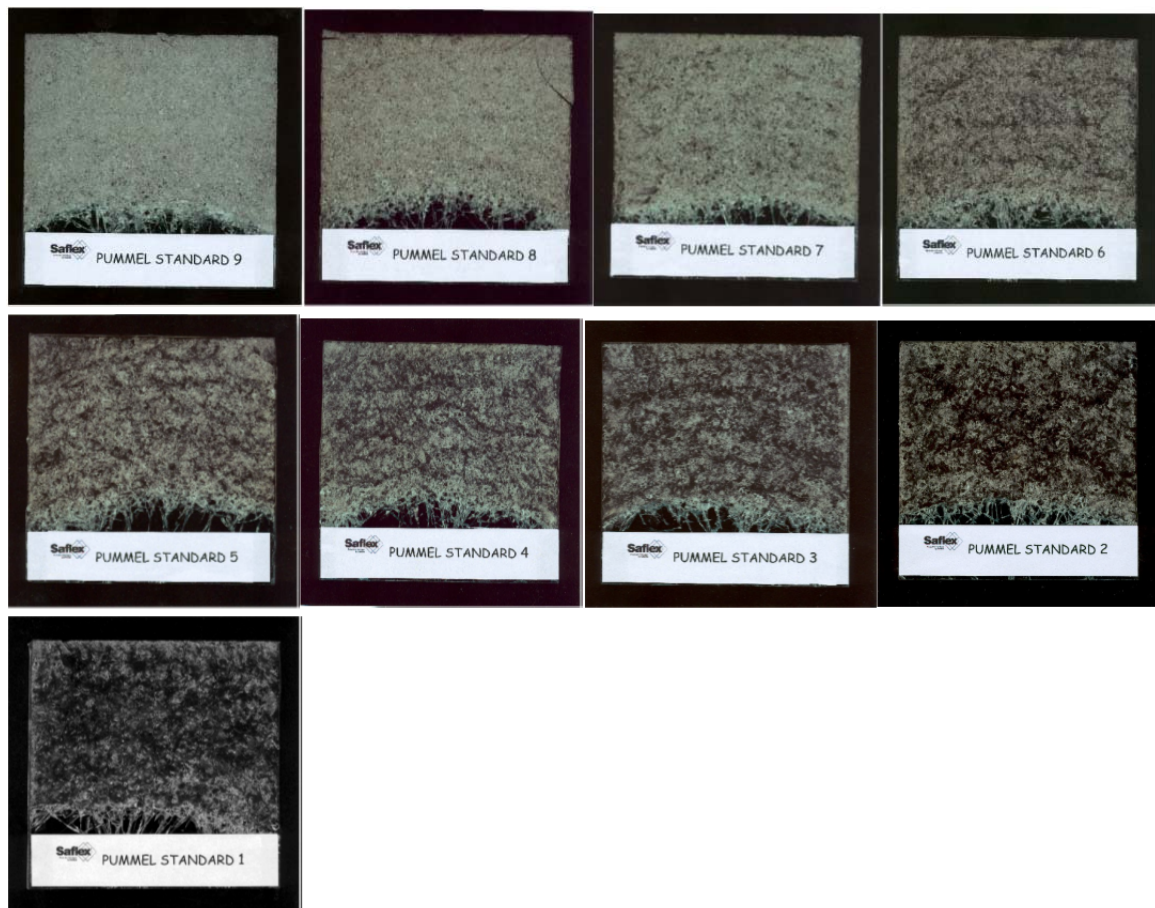
Anlage 3.1

Elektronische Kopie des Gutachtens des DIBt: G-70-19-0002

A 3 Auswertung

1. Vor der Bewertung lässt man die gepummelten Proben auf Raumtemperatur erwärmen und die kondensierte Feuchtigkeit verdampfen.
2. Die Proben werden mit den Referenzproben verglichen und der Haftungsgrad (0 bis 9) durch Vergleich der Proben mit den Referenzproben bestimmt (vgl. Bild 2).
3. Ein Pummel Standard von 0 (in Bild 2 nicht dargestellt) entspricht keiner Haftung, ein Pummel Standard von 9 entspricht einer sehr hohen Haftung.
4. Für die Auswertung ist der Mittelwert über alle Pummelwerte zu bilden.

Bild 2: Referenzproben der Pummel Standards



Verbund-Sicherheitsglas mit Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund
Prüfanleitung Haftverhalten am Laminat (Pummel-Test)

Anlage 3.2

Allgemeine Prüfanleitung zur Messung der Folienfeuchte im Laminat

B 1 Allgemeines und Prüfdurchführung

1. Benötigte Materialien und Geräte
 - Spektrofotometer, dass im Bereich von 1.600 - 2.000 nm scannen kann
 - Feuchtevergleichsmuster für Saflex Zwischenschichten mit entsprechender Glaskonfiguration.
2. Kalibrierung des Spektrofotometer:
 - Modus: Durchlässigkeit
 - Spaltbreite: 2 nm
 - Scan-Geschwindigkeit: 240 nm/min (bei verzerrter Spitzenauflösung ist eine niedrigere Scan Geschwindigkeit anzuwenden)
 - Hintergrundkorrektur auf 100 % Durchlässigkeit im Bereich 1600 - 2000 nm einstellen (ohne Probe und Referenzstrahl).
3. Saflex Vergleichsmuster für mittleren Feuchtegehalt senkrecht zum Lichtstrahl vor der Probenöffnung anordnen. Der Abstand zwischen Verbundglas und Probenöffnung muss reproduzierbar sein.
4. Im Bereich zwischen 1600 und 2000 nm scannen.
5. Maximalwerte der Durchlässigkeit bei ca. 1650 und 1875 nm und die Minimalwerte der Durchlässigkeit bei ca. 1700 und 1925 nm ablesen mit einer Genauigkeit von 0,1 %. Diese Wellenlängenwerte sind Näherungswerte und können sich bei unterschiedlichen Messgeräten und Scan-Geschwindigkeiten leicht verschieben.
6. Die Schritte 3 - 5 mit Saflex Vergleichsmustern für niedrigen und hohen Feuchtegehalt wiederholen.

B 2 Ermittlung der Werte

B 2.1 Berechnungen

1. Die Durchlässigkeitswerte (in Prozent) in das Absorptionsmaß (Extinktion) umrechnen. Absorptionsmaß (Extinktion) = $\text{Log}_{10}(100 / \%T)$
2. Das Absorptionsverhältnis (AR) berechnen. $AR = (A_{1925} - A_{1875}) / (A_{1700} - A_{1650})$
3. Den Feuchtegehalt berechnen. Feuchte in % = Koeffizient * AR + Konstante
4. Für die Kalibrierung sind die Feuchtwerte der Saflex Vergleichsmuster und das entsprechende Absorptionsverhältnis anzuwenden, um eine lineare Regression für die Bestimmung des entsprechenden Koeffizienten und der Konstanten in vorstehender Gleichung vorzunehmen. Dieses Kalibrierungsverfahren muss einmal pro Jahr bzw. nach jedem Austausch der Lichtquelle des Spektrofotometers wiederholt werden.

B 2.2 Stückprüfproben

1. Spektrofotometer wie bei der Kalibrierung einstellen und die Schritte 1 - 5 durchführen. Wenn die Feuchtebestimmung des Saflex Vergleichsmusters für mittlere Feuchte innerhalb des normalen Bereichs liegt, ist mit der Prüfung fortzufahren. Ist der Wert nicht normal, ist das Messgerät eventuell nicht korrekt eingestellt oder defekt und alle Tests an Stückprüfproben sind möglicherweise ungenau.
2. Die Stückprüfprobe senkrecht vor der Prüfkörperöffnung positionieren und scannen. Sind mehrere Proben zu messen, sollte dies fortlaufend durchgeführt werden. Es ist dann nicht erforderlich, das Vergleichsmuster erneut zu überprüfen.
3. Die prozentualen Durchlässigkeitswerte ablesen und den Feuchtegehalt bis zu zwei Stellen hinter dem Komma berechnen (Genauigkeit 0,01 %).

B 3 Auswertung

1. Der Feuchtegehalt des Vergleichsmusters und jeder Probe ist auf 0,01 % genau zu protokollieren.
2. Genauigkeit: Die Reproduzierbarkeit der Prüfung beträgt $\pm 0,015$ % bei 95 % Konfidenz.
3. Kontrolle des Feuchtegehalts bei einer Abweichung von $\pm 0,05$ % vom Anfangswert.

Verbund-Sicherheitsglas mit Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund

Prüfanleitung Messung der Folienfeuchte im Laminat

Anlage 4

Elektronische Kopie des Gutachtens des DIBt: G-70-19-0002

Prüfanleitung Pull-Test

A 1 Allgemeines

1. Die Probekörper werden unter Beachtung der Laminationsrichtlinien der Fa. Eastmann (Solutia Europe BV) hergestellt.
2. Aufbau der Probekörper: 4 mm Float / 0,76 mm SAFLEX DG / 4 mm Float
3. Aus dem VSG-Laminat werden Probekörper im Format 40 mm x 10 mm mit geeigneten Säge- oder Schneidverfahren herausgeschnitten.
4. Die Glasoberflächen der Probekörper werden gereinigt und entfettet.
5. Um während der Zeit bis zur Prüfung das Eindringen von Feuchtigkeit in die Folie zu verhindern, werden die offenen Folienkanten mit einer selbstklebenden Aluminiumfolie (Breite der Aluminiumfolie mindestens 5 mm) versehen.
6. Die vorbereiteten Probekörper werden zwischen zwei geeigneten Probekörperhalterungen aus Metall eingeklebt. Als Klebstoff kann z.B. Klebstoff-Kit Loctite F246 oder gleichwertiger Klebstoff verwendet werden.
7. Anzahl der Probekörper: mind. 5 Stück

A 2 Prüfdurchführung

1. Die Probekörper werden in der Probekörperaufnahme einer geeigneten Zugprüfmaschine (z. B. Universalprüfmaschine UTS 100 MS-462) platziert, siehe Abb. 1.
2. Wegregelung mit einer Traversengeschwindigkeit von 0,50 mm/min.

A 3 Auswertung

1. Probekörper mit Versagen der Klebeverbindung zum Probekörperhalter oder mit kohäsivem Versagen des Glases werden nicht zur Auswertung verwendet.
2. Die Messergebnisse sind zusammen mit den berechneten Spannungswerten der Haftzugfestigkeit, den Mittelwerten, den Standardabweichungen und der Angabe der Versagensart tabellarisch anzugeben.

Abb. 1 Beispielhafter Versuchsaufbau



Verbund-Sicherheitsglas mit Verbundfolie SAFLEX DG mit Schubverbund

Prüfanleitung Pull-Test

Anlage 5